

УДК 621.375.826:621

**Клюфінський В.Б.<sup>1</sup>, Сапура І.М.<sup>1</sup>** студ, наук. кер. *Блощинин М.С.<sup>1</sup>, к.т.н., Головка Л.Ф.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.*

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: [mishafox@gmail.com](mailto:mishafox@gmail.com)

## **ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ**

Відновлення деталей машин і механізмів після їх спрацювання, а також надання поверхневим шарам особливих фізико-механічних характеристик, що зменшують швидкість їх зношування, є одним з основних завдань машинобудування. Ці технології дозволяють значно збільшити ресурс роботи та надійність машин, а також зменшити витрати на їх виготовлення.

Для лазерно-плазмового наплавлення, яке характеризується локальністю протікання процесу, що притаманна лазерному впливу, виникає необхідність безконтактного введення і фокусування енергії УЗК в зону обробки. Аналіз утворення тріщин і пор, методів їх усунення застосуванням енергії ультразвукових коливань для покращення якості наплавлених шарів.

При літературному пошуку було знайдений патент щодо застосування модульованого з ультразвуковою частотою лазерного випромінювання для введення УЗК при наплавленні [1]. Однак при цьому вони зазначають необхідність використання потужного лазерного випромінювання, до 20 кВт, які використовуються при зварюванні з глибоким проплавленням, а отже при обробці має місце випаровування матеріалу і виникнення реактивної сили. Звісно якщо ця сила змінюється з ультразвуковою частотою, то вони призводять до виникнення хвиль тиску з тією ж частотою, а значить при достатній інтенсивності можуть викликати кавітацію. Маючи за мету, введення УЗК до ванни розплаву при наплавленні, не є допустимим випаровування матеріалу, а значить виникнення реактивних сил при цьому не відбудеться. Однак при лазерному нагріванні і розплавленні металу мають місце теплові потоки. При цьому вплив лазерного випромінювання з УЗ модуляцією на ванну розплаву недостатньо вивчений і потребує дослідження. Застосування комбінованого лазерно-плазмового процесу наплавлення дозволяє не лише зменшити потужність лазера але й підвищити якість наплавлення. Для безконтактного введення УЗК при лазерно-плазмовому наплавленні пропонується використати системи, в яких елемент, що фокусує (лінза, дзеркало), коливається з ультразвуковою частотою вздовж або поперек оптичної осі.

Виникнення залишкових напружень в наплавлених шарах при цьому пов'язане з надшвидким нагрівом і охолодженням матеріалу, що наплавляється, за рахунок теплопровідності в основний матеріал. При цьому термічні напруження не встигають релаксувати і можуть досягати значень більших за границю

міцності на розрив, що призводить до виникнення тріщин. Процес пороутворення відноситься до складних фізико-хімічних явищ і його розвиток обумовлений не тільки властивостями вихідного металу, але й особливостями процесу наплавлення. Використання енергії ультразвукових коливань викликає у ванні розплаву ряд процесів: дегазація, коагуляція, тепломасообін, трансляційне переміщення бульбашок, пульсація бульбашок, виникнення мікропотоків, локальний розігрів речовини, виникнення мікроударних хвиль, ультразвукова кристалізація. Тепломасообін і мікропотoki дозволяють за рахунок перемішування ванни розплаву зменшити залишкові напруження, а значить і зменшити тріщиноутворення, покращити рівномірність розподілу хімічних елементів по об'єму та однорідність структури, збільшити зчеплення наплавленого матеріалу з матеріалом основи. Дегазація дозволяє зменшити вміст газів у розплаві, а значить і зменшити пористість отриманих шарів. Локальний розігрів речовини, а також інтенсивне перемішування ванни розплаву, що збільшує швидкість теплопередачі від ванни розплавленого металу до порошку, який наплавляється, інтенсифікуючи процес наплавлення. А ультразвукова кристалізація забезпечує отримання подрібненої структури наплавлених шарів з покращеними фізико-механічними властивостями. Застосування ультразвукового впливу з частотою 20 кГц дозволяє зняти дифузійні обмеження за рахунок сильних мікро- та макропотоків. Все вище наведене дозволяє говорити про перспективність використання енергії ультразвукових коливань при наплавленні, адже це дозволяє боротися з дефектами, які властиві наплавленим шарам, інтенсифікувати цей процес та дає можливість розширити ряд комбінацій матеріалів, що наплавляються, (зняти обмеження по сполученню складів основного і присадного матеріалу). Для лазерно-плазмового наплавлення, яке характеризується локальністю протікання процесу, виникає необхідність безконтактного введення і фокусування енергії УЗК в зону обробки, що значно збільшує ККД процесу наплавлення.

Виконаний аналіз шарів, які отримані лазерно-плазмовим наплавленням, було запропоновано застосування енергії ультразвукових коливань для запобігання або усунення недоліків традиційних методів наплавлення. В цьому аспекті були розглянуті процеси, що відбуваються у ванні розплаву при впливі на нього ультразвукових коливань, і було визначено їх вплив на якісні характеристики шару після кристалізації.

Список використаних джерел:

1. Можливості застосування енергії ультразвукових коливань для покращення якості шарів, отриманих лазерним наплавленням / [Блощин М. С., Головка Л. Ф., Діптан С.Ю.] // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. Київ: НТУУ «КПІ».-2011. 63.